

Brevet N°

85332

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG

du 20 avril 1984

Titre délivré : 26 OCT. 1984



Monsieur le Ministre
de l'Économie et des Classes Moyennes
Service de la Propriété Intellectuelle
LUXEMBOURG

Demande de Brevet d'Invention

I. Requête

1. Benjamin NUCHMAN, 820 Birchwood Drive, Westbury, New York 11590, USA (1)
 2. Sang Y. WHANG, 8445 SW 148th Drive, Miami, Florida 33158, USA
 représentés par E. Meyers & E. Freylinger, Ing. conseils en propr. ind., (2)
 46 rue du Cimetière, Luxembourg, agissant en qualité de mandataires
 dépose(nt) ce vingt avril mil neuf cent quatre vingt quatre (3)

à 15⁰⁰ heures, au Ministère de l'Économie et des Classes Moyennes, à Luxembourg :

1. la présente requête pour l'obtention d'un brevet d'invention concernant :
 "Améliorations à une lentille de contact continuellement variable" (4)

2. la délégation de pouvoir, datée de Westbury le 13 avril 1984
 3. la description en langue française de l'invention en deux exemplaires;
 4. six planches de dessin, en deux exemplaires;
 5. la quittance des taxes versées au Bureau de l'Enregistrement à Luxembourg,
 le dix-sept avril mil neuf cent quatre vingt quatre
 déclare(nt) en assumant la responsabilité de cette déclaration, que l'(es) inventeur(s) est (sont) :
 les déposants (5)

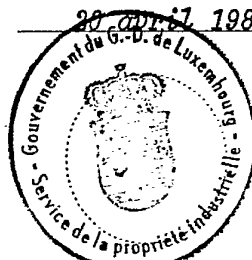
- revendique(nt) pour la susdite demande de brevet la priorité d'une (des) demande(s) de
 (6) brevet déposée(s) en (7) Etats-Unis d'Amérique
 le vingt-et-un avril mil neuf cent quatre vingt trois (8)
 sous le No 06/487,330
 au nom de 8 déposants (9)
 élit(élisent) pour lui (elle) et, si désigné, pour son mandataire, à Luxembourg
 46 rue du Cimetière, Luxembourg (10)
 sollicite(nt) la délivrance d'un brevet d'invention pour l'objet décrit et représenté dans les
 annexes susmentionnées, — avec ajournement de cette délivrance à — mois. (11)
 Le'un des mandataires

II. Procès-verbal de Dépôt

La susdite demande de brevet d'invention a été déposée au Ministère de l'Économie et des Classes Moyennes, Service de la Propriété Intellectuelle à Luxembourg, en date du :

20 avril 1984

à 15⁰⁰ heures



Pr. le Ministre
de l'Économie et des Classes Moyennes,
p. d.

A 63007

(1) Nom, prénom, firme, adresse — (2) s'il a lieu «représenté par ...» agissant en qualité de mandataire — (3) date du dépôt en toutes lettres — (4) titre de l'invention — (5) noms et adresses — (6) brevet, certificat d'addition, modèle d'utilité — (7) pays — (8) date — (9) déposant originaire — (10) adresse — (11) 6, 12 ou 18 mois.



Revendication de la priorité d'une demande
de brevet déposée aux USA le 21 avril 1983
sous le No 06/487.330

Améliorations à une lentille de contact
continuellement variable

Benjamin NUCHMAN
820 Birchwood Drive
Westbury, New York 11590, USA

Sang Y. WHANG,
8445 SW 148th Drive
Miami, Florida 33158, USA



HISTORIQUE DE L'INVENTION

5 La présente invention concerne des lentilles de contact, et plus particulièrement des lentilles de contact douces, à foyer multiple et continuellement variable, permettant d'obtenir des images nettes d'objets lointains, d'objets intermédiaires et d'objets rappro-

10 chés simultanément sur la rétine de l'utilisateur, y compris des lentilles pouvant être utilisées pour corriger l'astigmatisme.

Il existe une grande demande et un vif intérêt pour l'obtention de lentilles de contact pouvant être

15 utilisées avec succès tant pour la vision à distance que pour la lecture rapprochée. Il existe normalement trois manières pour tenter de résoudre ce problème. Ces solutions comprennent les lentilles de contact bifocales pour vision alternée et les lentilles de con-

20 tact pour vision simultanée, qui comprennent à la fois le procédé oeil gauche/oeil droit et les lentilles bifocales mixtes.

Les lentilles de contact bifocales pour vision alternée ont généralement deux zones optiques. La pre-

25 mière zone optique, pour regarder des objets distants, est généralement au milieu de la lentille. La zone optique pour regarder les objets proches entoure généralement la première zone optique. Chaque zone optique est plus large que l'ouverture normale de la pupille,

30 si bien que l'utilisateur doit adapter correctement la position de la lentille pour obtenir un résultat correct. Il est difficile d'habituer le patient à déplacer les deux zones optiques lorsque cela est souhaitable. Ceci est particulièrement vrai dans le cas des

35 grandes lentilles de contact douces et confortables, qui



1 ne se déplacent pas librement, de façon à permettre
de changer à volonté la position des zones optiques.
Par conséquent, ces lentilles ne sont pas entièrement
satisfaisantes et, souvent, la transition entre les deux
5 zones optiques est située devant la pupille, ce qui
provoque une vision trouble.

Les lentilles de contact bifocales à vision simultanée tirent profit de l'aptitude du cerveau humain, qui est capable de choisir sélectivement une image nette
10 quand une image troublée et une image nette sont projetées simultanément sur les rétines. Cette capacité de choisir l'image nette donne lieu à deux manières d'appliquer cette méthode. Dans le cas de la méthode oeil droit/oeil gauche, un oeil est équipé d'une lentille
15 pour vision à distance tandis que l'autre oeil est équipé d'une lentille pour vision rapprochée. Le cerveau choisit alors la vision d'un oeil à la fois. Il est évident que, comme un oeil seulement est utilisé à chaque instant, l'utilisateur perd le sens de la perception
20 de la profondeur.

La seconde manière d'utiliser les lentilles de contact bifocales à vision simultanée est celle des lentilles bifocales mixtes, comportant une zone optique plus petite que l'ouverture de la pupille. Cette lentille est donc semblable à la lentille pour vision alternée décrite ci-dessus et pourvue de deux zones optiques. La zone pour vision à distance est au centre de la lentille et est plus petite que l'ouverture normale de la pupille, de façon à ce que les deux zones optiques soient offertes simultanément à la pupille. La
30 transition d'une zone optique à l'autre est atténuée, dans un effort pour réduire la discontinuité brusque et l'éblouissement provoqué par une transition brutale entre les deux zones. Bien que la transition soit progressive, elle n'assure pas la continuité entre les
35



- 1 deux zones de vision. Il est remarquable que, pour tout objet situé entre la zone éloignée et la zone rapprochée, il se forme deux images également mal focalisées sur la rétine, ce qui provoque de la confusion pour
- 5 l'utilisateur. Compte tenu de ce qui précède, on peut conclure que les trois manières de tenter de fournir des lentilles de contact à foyer multiple, et qui sont couramment envisagées, donnent lieu à de graves difficultés, qui sont inhérentes à toute lentille bifocale.
- 10 Comme les lentilles ont deux zones optiques, une pour la lecture et l'autre pour la vision à distance, la plupart des objets situés entre elles deux, comme par exemple le tableau de bord d'une automobile, sont soit troubles, soit présentés sous forme d'image double, toutes deux mal mises au point. Un autre inconvénient de
- 15 chacune des manières de résoudre le problème déjà envisagées apparaît lorsqu'on les applique aux lentilles douces et plus confortables, parce qu'il est très difficile de les utiliser pour corriger l'astigmatisme.
- 20 Par conséquent, il est souhaitable d'obtenir des lentilles de contact à foyers multiples et continuellement variables, pouvant surmonter les inconvénients inhérents aux lentilles conformes à l'état antérieur de la technique.

25

RESUME DE L'INVENTION

D'une manière générale, et conformément à la présente invention, une lentille de contact améliorée, avec

30 un gradient de puissance optique à foyer multiple et continuellement variable ayant un diamètre inférieur à l'ouverture normale de la pupille, est prévue au milieu de la lentille de contact. La puissance requise pour la vision à distance se trouve dans la région centrale de la lentille et cette puissance augmente jus-

35



- 1 qu'à la puissance désirée pour la vision rapprochée
lorsque le diamètre se rapproche de l'ouverture normale
de la pupille, soit environ 5 à 7 mm., dans l'état prêt
pour être porté, de façon à créer simultanément sur la
5 rétine d'un utilisateur des images nettes des objets
lointains, des objets intermédiaires et des objets rap-
prochés.

Dans une lentille non torique, la lentille a une
symétrie de rotation complète. Dans une lentille typi-
10 que pour un oeil myope, la plus grande puissance négative de -3 à 5 dioptries au centre augmente continuellement jusqu'à zéro à un diamètre de 5 à 7 mm. et reste
égale à zéro dioptrie jusqu'au bord de la zone optique,
soit approximativement 9,7 mm. de diamètre. La surface
15 concave des lentilles est asphérique et les autres surfaces peuvent être sphériques, asphériques ou toriques.

Les lentilles douces sont généralement fabriquées
à l'état dur avant expansion, si bien que tous les calculs sont effectués en se basant sur les dimensions à
20 l'état sec (ou dur), sauf les calculs de puissance optique. Les puissances optiques pour une lentille expansible sont calculées à l'état humide (ou doux), en utilisant les dimensions de l'état sec multipliées par le facteur d'expansion approprié :

$$25 \quad P_w = \frac{1}{\frac{r_1 \times \text{Exp}}{n-1} - \frac{t \times \text{Exp}}{n}} - \frac{n-1}{r_2' \times \text{Exp}}$$

ou : Exp est le facteur d'expansion ;

n est l'indice de réfraction du matériau à l'état humide ;

30 t est l'épaisseur de la lentille ;

r_2' est le rayon de courbure de la surface concave au centre ; et

r_1 est le rayon de courbure de la surface convexe.

Les lentilles conformes à la présente invention
35 sont obtenues en écrasant une ébauche par une bille et

- 1 en découpant l'ébauche pendant qu'elle est maintenue écrasée, puis en libérant l'ébauche après découpage et polissage. La surface découpée et polie est sphérique avant la suppression de la force appliquée et, après
- 5 suppression elle devient asphérique. Le degré de déformation créé par l'écrasement est mesuré par un micromètre, qui indique l'importance du déplacement. Un mode opératoire détaillé est décrit dans notre brevet américain n° 4,074,469.
- 10 La surface asphérique concave obtenue par cette méthode est essentiellement sphérique à partir d'un diamètre d'environ 5 mm. (avant expansion) et, à l'extérieur de celui-ci, elle a un rayon de courbure de base égal à r_2 . La courbe asphérique a, au milieu, une
- 15 courbure plus prononcée que la courbe de base r_2 . Le rayon de courbure de cette courbe est le plus petit au centre et est appelé r_2' . La différence entre r_2' et r_2 , ainsi que la distance de déplacement entre la courbe réelle et la courbe sphérique, ainsi que la
- 20 grandeur du diamètre de gradient sont commandées par le degré d'écrasement, la dimension du diamètre de la bille d'écrasement et la profondeur de coupe (ou l'épaisseur restante de l'ébauche découpée). Une fois que r_2 et r_2' sont déterminés, l'épaisseur de la lentille
- 25 t et le rayon de courbure convexe r_1 sont calculés en utilisant la puissance optique désirée pour l'apex de la lentille et l'épaisseur désirée à la jonction de la zone optique. Les paramètres restants de la lentille sont déterminés par des moyens classiques.
- 30 Comme la lentille présente une symétrie de rotation, le contour d'équi-puissance sera un cercle. Pour un oeil atteint d'astigmatisme, un contour elliptique créera sur la rétine une image nette d'un objet, aussi longtemps que la puissance optique verticale et la puis-
- 35 sance optique horizontale sont disponibles sur la len-

1 tille dans l'ouverture normale de la pupille, à savoir
dans une région d'environ 5 mm avant l'expansion de
la lentille.

Par conséquent, c'est un objet de la présente in-
5 vention de fournir une lentille de contact améliorée.

Un autre objet de la présente invention est de
fournir une lentille de contact à foyer multiple amé-
liorée et continuellement variable..

C'est encore un autre objet de la présente inven-
10 tion de fournir une lentille de contact à foyer mul-
tiple et continuellement variable, dans laquelle la
surface concave est asphérique.

C'est un autre objet encore de la présente inven-
tion de fournir une lentille de contact à foyer mul-
15 tiple ayant une zone optique continuellement variable
au milieu de la lentille et dont le diamètre est infé-
rieur à l'ouverture normale de la pupille.

C'est encore un autre objet de la présente inven-
tion de fournir un procédé pour l'obtention d'une len-
20 tille de contact à foyer multiple et continuellement
variable .

C'est encore un autre objet de la présente inven-
tion de fournir une lentille de contact à foyer multi-
ple améliorée et continuellement variable, qui permet
25 de corriger l'astigmatisme.

D'autres objets et avantages propres à la présen-
te invention apparaîtront partiellement d'une manière
évidente et résulteront partiellement de la descrip-
tion ci-après.

30 La présente invention comprend par conséquent les
différentes étapes et la combinaison d'une ou plusieurs
de ces étapes les unes avec les autres, ainsi que l'ob-
jet pourvu des caractéristiques, propriétés et rela-
tions entre éléments qui sont décrits sous forme d'exem-
35 ples dans la description détaillée ci-après, tandis



- 1 que l'objet de l'invention sera mentionné dans les revendications.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

5

Pour comprendre complètement la présente invention, il faut se référer à la description suivante, qui se base sur les dessins ci-joints, représentant respectivement :

- 10 LA FIGURE 1, une vue en plan montrant la vue de gradient de puissance optique d'une lentille de contact douce fabriquée et conçue conformément à la présente invention ;

- 15 LA FIGURE 2, une vue en coupe d'une lentille de contact douce, suivant figure 1, avant expansion ;

LES FIGURES 3 et 3a, des vues en coupe des phases du procédé de fabrication de la lentille suivant figures 1 et 2 ;

- 20 LA FIGURE 4, une vue en coupe d'une partie de la lentille suivant figures 1 et 2, montrant les relations dimensionnelles nécessaires au tracé de la lentille ;

LA FIGURE 5 une vue partiellement en coupe de la partie périphérique de la lentille, suivant figures 1 et 2 ;

- 25 LA FIGURE 6 , une vue en plan de la lentille de la figure 1, représentant les bandes de forme circulaire de la zone optique utilisées pour la vision à distance et la vision rapprochée dans la lentille, suivant les figures 1 et 2 ; et

- 30 LA FIGURE 7, une vue en plan de la lentille suivant figure 6, montrant une bande utilisée pour la vision à distance et permettant de corriger l'astigmatisme.
- 

1

DESCRIPTION DES REALISATIONS PREFEREES

La figure 1 est une vue en plan, représentant une lentille de contact douce à foyer multiple et continuellement variable. à l'état humide et expansé, ou à l'état prêt à porter, qui a été fabriquée conformément à la présente invention. La lentille possède une symétrie de rotation complète avec la puissance négative la plus grande d'environ -4 dioptries au centre, celle-ci augmentant jusqu'à zéro dioptrie dans une zone dont le diamètre est d'environ 6 mm. La lentille a une forme lenticulaire, ayant une zone optique antérieure d'environ 9,7 mm. de diamètre. Le diamètre total de la lentille expansée est d'environ 14,7 mm.

La lentille de la figure 1 peut être fabriquée à partir de tous matériaux disponibles dans le commerce pour lentilles de contact douces. Par exemple, les lentilles fabriquées particulièrement en conformité avec la présente invention et décrites ici, sont réalisées en matériau HEMA, tel que le méthacrylate d'hydroxyéthyle. La présente invention s'applique également à tous les matériaux pour lentilles de contact douces analogues au HEMA tels que diméthacrylate d'éthylène-glycol (EGMA) ou ses analogues, acrylate de polyméthyle (PMMA) ou ses analogues, pyrrolidone de polyvinyle (PVP) et autres produits semblables. En général, ces matériaux pour lentilles douces gonflent et absorbent des quantités d'eau variables suivant le matériau polymère en question. Les ébauches pour lentilles en HEMA sont généralement disponibles avec possibilité de gonflement jusqu'à une teneur en eau de 55%, 45% ou 38%.

Si on se réfère maintenant à la figure 2, on y voit une vue en coupe de la lentille représentée à la figure 1 à son état sec, avant expansion. Toutes les

1 dimensions de la figure 2 sont réduites de 17% par rap-
 port à celles de la figure 1. Ceci est dû au fait que
 le tracé et la fabrication des lentilles douces confor-
 mes à la présente invention, s'effectuent à l'état dur
 5 avant expansion. Par conséquent, les descriptions ci-
 après sont données en se basant sur les dimensions à
 l'état sec, sauf pour ce qui concerne le calcul de la
 puissance optique. La puissance optique est calculée
 pour l'état humide en utilisant les dimensions à l'état
 10 sec multipliées par le facteur d'expansion approprié.
 Pour le matériau HEMA utilisé dans les réalisations
 décrites à titre d'exemple, le facteur d'expansion est
 de 1,21 et la lentille expansée contient environ 45%
 d'eau. Le facteur d'expansion pour un matériau de len-
 15 tille comprenant 35% d'eau est de 1,18 et celui pour
 55% d'eau est de 1,31.

Dans la lentille représentée à la figure 2, tou-
 tes les courbes sont sphériques, à l'exception de la
 courbe concave intérieure, qui est asphérique. La cour-
 20 be de base est essentiellement sphérique à partir d'un
 diamètre de 5 mm. et hors de celui-ci, la courbe de
 base a un rayon égal à r_2 . Si la courbe concave inté-
 rieure était sphérique avec le même rayon r_2 , la cour-
 be concave intérieure suivrait la courbe en pointil-
 25 lés) au milieu de la lentille. Comme le montre la fi-
 gure 2, le rayon de courbure est plus faible au milieu
 que le rayon de courbure de base r_2 . Le rayon de cour-
 bure de cette courbe sphérique est le plus faible au
 centre et est appelé r_2' . Le contrôle de la différen-
 30 ce entre r_2' et r_2 ainsi que la distance de déplace-
 ment entre la courbe réelle (la courbe en trait plein)
 et la courbe sphérique (la courbe en pointillés) ainsi
 que la manière d'obtenir le gradient dans le diamètre
 désiré constituent des aspects importants de l'inven-
 35 tion. La surface concave de la lentille est asphérique



1 et les autres surfaces peuvent être asphériques, sphériques ou toriques. En dehors de la région optique centrale, la surface concave de la lentille est essentiellement sphérique.

5 Une fois que les dimensions des rayons de courbure r_2 et r_2' ont été déterminées, l'épaisseur de la lentille (t) et la courbure convexe ayant un rayon de courbure r_1 sont calculées en se basant sur la puissance optique désirée à l'apex de la lentille et sur l'épais-

10 seur désirée à la jonction de la zone optique antérieure (AOZ) qui a été fixée nominalement égale à 8 mm. Le reste des courbes se détermine par les méthodes classiques. La largeur de biseau et le diamètre de biseau sont choisis arbitrairement en se basant sur l'ex-

15 périence. Dans les réalisations servant d'exemple, la largeur de biseau est choisie égale à 0,85 mm et le rayon de biseau est choisi égal à 10,3 mm. Comme la courbe r_2 est essentiellement sphérique au point de jonction à 8 mm, on peut calculer la courbure de la

20 courbe convexe périphérique ayant un rayon r_{cyp} en se basant sur l'épaisseur désirée à la jonction et sur l'épaisseur désirée de l'arête de la lentille. Afin d'obtenir les caractéristiques désirées de la lentille, à savoir une lentille de contact à foyers multi-

25 ples simultanés, le gradient de puissance optique depuis la puissance désirée pour vision à distance au centre doit augmenter d'environ 3 à 5 dioptries dans une région dont le diamètre est inférieur à l'ouverture normale de la pupille. Une ouverture normale de pupille est l'ouverture maximale dans l'obscurité et est

30 généralement d'environ 6 mm. de diamètre. Par conséquent, le gradient de puissance optique est constitué dans une région de la lentille comprise entre environ 4,5 mm. et 5,5 mm. de diamètre à l'état sec.



1 La lentille de contact à foyers multiples simulta-
nés assure une puissance focale à variation progressi-
ve. dans une région centrale ayant une dimension infé-
rieure à l'ouverture normale de la pupille de l'utilisa-
5 teur. Par conséquent, au moins une certaine partie de
la lentille de la région centrale forme sur la rétine
une image nette d'un objet distant, tandis qu'une au-
tre partie de la lentille forme sur la rétine une image
nette d'un objet rapproché. Bien que la région centrale
10 de la lentille forme une image troublée d'un objet rap-
proché, tant qu'il existe simultanément sur la rétine
une image nette d'un objet rapproché, le cerveau humain
choisit sélectivement l'image nette de l'objet désiré.
C'est ce pouvoir de sélection du cerveau humain, capable
15 de choisir l'image nette, qui permet aux lentilles pré-
parées conformément à la présente invention d'assurer
un effet de foyer multiple variable d'une manière
continue.

 Les lentilles de contact douces avec une surface
20 concave, comprenant une courbe asphérique qui assure
le gradient de puissance optique dans une région plus
étroite que l'ouverture de la pupille, peuvent être
fabriquées en utilisant l'appareillage et la méthode
décrits dans notre brevet américain antérieur numéro
25 4,074,469 qui a été publié le 21 février 1978. L'ap-
pareillage décrit dans ce brevet permet d'obtenir des
surfaces asphériques sur une lentille optique en dé-
formant l'ébauche de lentille d'une manière prédéter-
minée et en formant une surface sphérique sur l'ébau-
30 che de lentille déformée. La force appliquée sur l'é-
bauche de lentille déformée est alors supprimée et la
surface concave ainsi obtenue devient asphérique. Par
conséquent, toute la description contenue dans notre
brevet antérieur est incorporée par référence, vu qu'
35 elle est complètement d'application dans le cas présent.



1 Conformément à notre méthode, une ébauche de len-
 5 tille non découpée est écrasée par une bille ayant un
 rayon R . L'ébauche est coupée ensuite et polie, tout
 en étant maintenue en état d'écrasement, puis la force
 10 d'écrasement est supprimée. Le degré de déformation
 créé par l'écrasement est mesuré par un micromètre,
 si bien qu'il est possible de déterminer exactement
 quelle est la déformation à appliquer. Ce degré de dé-
 formation est exactement égal à la distance de déplace-
 ment entre la ligne continue asphérique et la courbe
 en pointillés asphérique de la figure 2.

Plus la déformation imposée à l'ébauche de lentil-
 le avant le découpage est grande, et plus grand est
 le gradient de puissance optique de la lentille para-
 15 chevée. Il peut arriver qu'une ébauche sèche en maté-
 riau pour lentille douce soit trop fragile pour pou-
 voir être écrasée de la manière désirée sans se fis-
 surer. Dans ce cas, il est souhaitable de prédécouper
 l'ébauche afin d'éviter la fissuration. Il n'est pas
 20 nécessaire de polir cette découpe et le degré de dé-
 formation provoquée par l'écrasement est mesuré égale-
 ment par un micromètre.

La figure 3 représente la position relative d'une
 bille 11 ayant un rayon R et d'une ébauche de lentille
 25 non découpée 12 à déformer, lorsque la bille 11 se
 déplace dans la direction de la flèche. Un micromètre
 13, disposé au-dessus de l'ébauche de la lentille
 non découpée 12 est utilisé pour déterminer la déforma-
 tion appliquée à l'ébauche de lentille 12. La figure
 30 3a représente la position de la bille 11, une ébauche
 de lentille 14 découpée mais non polie et un micromè-
 tre 13. Les détails de construction d'un appareillage
 approprié pour le maintien des ébauches de lentilles
 12 et 14 et du micromètre 13 sont décrits en détail dans
 35 notre brevet antérieur. Par conséquent, les détails de



1 construction ne doivent pas être exposés ici.

On a constaté que, pour un certain degré de déformation du centre (écrasement), l'épaisseur finale de l'ébauche découpée et la dimension du rayon de la bille d'écrasement R modifient la dimension de la région de la lentille dans laquelle s'établit le gradient de puissance optique. Un rayon de bille 11 plus faible donne lieu à des zones plus étroites pour la partie asphérique et un rayon R de la bille 11 plus grand donne lieu à des zones plus larges pour la partie asphérique. Plus mince est l'épaisseur finale de l'ébauche de lentille, et plus étroite est la zone de la partie asphérique tandis que, plus grande est l'épaisseur finale de l'ébauche de lentille et plus large est la zone de la partie asphérique. D'une manière semblable, pour un même degré d'écrasement, une zone asphérique plus petite donne lieu à un gradient de puissance optique plus grand ou à un rayon de courbure asphérique r_2' plus petit pour le même rayon de courbure de base r_2 . L'opposé est d'ailleurs également exact.

La réalisation suivante, donnée à titre d'exemple, est une combinaison typique d'écrasement et de découpage qui permet d'obtenir une lentille ayant les caractéristiques préférées suivantes :

25 Combinaison typique

Rayon de la bille utilisée pour l'écrasement	R= 6 mm
Degré d'écrasement	Q= 25 microns
Epaisseur finale de l'ébauche découpée et polie	Tb= 1,8 mm

30 Résultats typiques

Zone de la partie asphérique	GOZ $\pm$ 5 mm
Différence entre r_2 et r_2' ($r_2 - r_2'$)	$r_2 \pm 0,6$ mm
Gradient de pouvoir optique (après humidification)	$P_w \pm 4$ dioptries

Les résultats ci-dessus constituent des valeurs typiques moyennes conformes à la présente invention et

35

1. sont donnés uniquement à titre d'exemple. Ils n'ont aucune signification limitative. Ces résultats sont gouvernés par les relations suivantes :

$$GOZ \approx f \cdot (Q + Tb + R)$$

5

$$r_2 \approx g (Q - Tb - R)$$

$$P_w \approx h (Q - Tb - R)$$

- Il en résulte qu'une augmentation de Q fait augmenter GOZ, Δr_2 et ΔP_w , tandis qu'une augmentation de Tb et de R fait augmenter GOZ mais fait diminuer Δr_2 et ΔP_w .

- Après l'écrasement, le découpage et le polissage des surfaces concaves de l'ébauche (la courbe de base du centre et la courbe de biseau), l'ébauche est libérée et des mesures sont effectuées. Les données suivantes sont enregistrées pour l'ébauche :

- | | |
|---|--------------------------|
| 1. Le degré d'écrasement | Q |
| 2. La courbe de base périphérique | r_2 |
| 3. La courbe centrale | r_2' |
| 20 4. L'épaisseur de l'ébauche découpée | Tb |
| 5. Le rayon de biseau | r_3 (normalement fixé) |
| 6. Le OZ périphérique | POZ (normalement fixé) |

- Afin de compléter le tracé de la lentille, les caractéristiques suivantes doivent être déterminées ou connues :

- | | |
|--|-------|
| 7. La puissance de la lentille (à l'état humide) au centre | P_w |
| 8. Le diamètre total de la lentille | DL |
| 30 9. Le OZ antérieur | AOZ |
| 10. L'épaisseur de jonction à l'AOZ | JTK |
| 11. L'épaisseur d'arête | ETK |
| 12. L'indice de réfraction à l'état humide | n |
| 35 13. Le facteur d'expansion | Exp |

Les paramètres inconnus restants à calculer sont:

- a) l'épaisseur de la lentille t
- b) le rayon de courbure du OZ antérieur r_1
- c) l'angle de r_1 pour un AOZ donné θ_1
- d) le rayon de courbure convexe péri-
phérique r_{exp}

Dans cet exemple numérique, certains paramètres sont supposés être des constantes et des valeurs typiques leur sont assignées pour des raisons pratiques.

- 1) $Q = 0.025\text{mm}$
- 2) $r_2 = \text{variable}$
- 3) $r_2' = \text{variable}$
- 4) $Tb = 1.8\text{mm}$
- 5) $r_3 = 10.3\text{mm}$
- 6) $POZ = 10.45\text{mm}$
- 7) $P_w = \text{variable}$
- 8) $DL = 12.15\text{mm}$
- 9) $AOZ = 8\text{mm}$
- 10) $JTK = 0.07\text{mm}$
- 11) $ETK = 0.06\text{mm}$
- 12) $n = 1.4325$
- 13) $Exp = 1.21$

Si l'on utilise les valeurs numériques (1) à (13) ci-dessus, on peut écrire les équations suivantes:

$$P_w = \frac{1}{\frac{r_1 \times Exp}{n-1} - \frac{t \times Exp}{n}} - \frac{n-1}{r_2' \times Exp}$$

r_1, r_2'
en mètres

$$P_W = \frac{1}{\frac{r_1 \times 1.21}{0.4325} - \frac{t \times 1.21}{1.4325}} - \frac{0.4325}{r_2' \times 1.21}$$

pour r_1 et r_2' en mm

$$P_W = \frac{1}{\frac{r_1}{357} - \frac{t}{1184}} - \frac{357}{r_2'} \quad (1)$$

En transformant l'équation (1)

$$\frac{r_1}{357} - \frac{t}{1184} = \frac{1}{P_W + \frac{357}{r_2'}}$$

$$r_1 = 0.3019t + \frac{1}{\frac{P_W}{357} + \frac{1}{r_2'}}$$

$$r_1 = 0.3019t + C_p \quad (2)$$

$$\text{où } C_p = \frac{1}{\frac{P_W}{357} + \frac{1}{r_2'}} \quad (3)$$

Note : r_1 , r_2' dans les équations (1), (2) et (3) sont exprimés en mm.



Afin d'obtenir l'épaisseur à la jonction JTK =

0,07 mm , d'après la figure 4 : ① + ② + ③ - ④ = ⑤

$$r_2 - \sqrt{r_2^2 - 16} + 0.025 + t - (r_1 - \sqrt{r_1^2 - 16}) = \frac{0.07}{\cos \theta_2}$$

$$\text{et } \theta_2 = \sin^{-1} \frac{4}{r_2}$$

La résolution en fonction de t donne :

$$t = r_1 - \sqrt{r_1^2 - 16} - \left[r_2 - \sqrt{r_2^2 - 16} + 0.025 - \frac{0.07}{\cos \left(\sin^{-1} \frac{4}{r_2} \right)} \right] \quad (4)$$

$$t = r_1 - \sqrt{r_1^2 - 16} - K \quad (5)$$

$$\text{où } K = r_2 - \sqrt{r_2^2 - 16} + 0.025 - \frac{0.07}{\cos \left(\sin^{-1} \frac{4}{r_2} \right)} \quad (6)$$

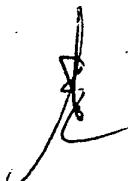
(t et r_2 en mm)

La résolution des équations (2) et (5) pour t donne :

$$t = 0.3019t + C_p - \sqrt{(0.3019t + C_p)^2 - 16} - K \quad (7)$$

en substituant r_1 provenant de l'équation (2) dans l'équation (5)

La solution en t d'après l'équation (7) donne:



$$t = 2.524C_p - 1.762K - \sqrt{6.3706 C_p^2 - 3.847KC_p + 0.58K^2 - 40.38} \quad (8)$$

$$K = r_2 - \sqrt{r_2^2 - 16} + 0.025 - \frac{0.07}{\cos(\sin^{-1} \frac{4}{r_2})} \quad (6)$$

$$C_p = \frac{1}{\frac{P_w}{357} + \frac{1}{r_2'}} \quad (3)$$

Pour une combinaison donnée de r_2 , r_2' et P_w , on peut calculer C_p et K et t peut être calculé en utilisant C_p et K . On peut calculer ensuite r_1 et θ_1 .

Exemple : $r_2 = 6.94$, $r_2' = 6.44$, $P_w = -3$

$$C_p = \frac{1}{\frac{-3}{357} + \frac{1}{6.44}} = 6.808$$

$$K = 6.94 - \sqrt{6.94^2 - 16} + 0.025 - \frac{0.07}{\cos(\sin^{-1} \frac{4}{6.94})} = 1.2080$$

$$t = 2.524 \times 6.808 - 1.762 \times 1.2080 -$$

$$\sqrt{6.3706 \times 6.808^2 - 3.847 \times 1.2080 \times 6.808 + 0.58 \times 1.2080^2 - 40.38} = 0.085$$

$$r_1 = 6.808 + 0.3019 \times 0.085 = 6.83$$

$$\theta_1 = \sin^{-1} \frac{4}{r_1}$$

(9)

$$\theta_1 = \sin^{-1} \frac{4}{6.83} = 35.8^\circ$$

Pour le calcul de l'épaisseur t , il est souhaitable de fixer l'épaisseur de jonction égale, par exemple à 0,07 mm. Toutefois, pour des lentilles ayant des grandes puissances négatives, le calcul peut donner lieu à une épaisseur insuffisante, voire à une épaisseur négative. Pour un tracé correct, il faut assurer une épaisseur minimale égale, par exemple, à environ 0,04 mm. Dans des cas de ce genre, l'épaisseur à la jonction peut avoir été fixée à une valeur supérieure à 0,07 mm.

En connaissant r_2 et r_3 , POZ, DL AOZ et ETK, et en se basant sur l'épaisseur de jonction calculée JTK (0,07 mm ou davantage), la courbe périphérique antérieure r_{cpx} peut être calculée par une méthode classique. Par exemple, si $r_2 = 6,94$ mm, $r_3 = 10,3$ mm, POZ = 10,45 mm, DL = 12,15 mm, ETK = 0,06 mm, le JTK peut être pris égal à 0,07 mm. pour autant que le rayon de la courbe antérieure r_1 soit inférieur à 7,03 mm. Ceci donne pour r_{cpx} une valeur égale à 8,13 mm. Pour r_1 supérieur à 7,03 mm., le JTK augmente et r_{cpx} diminue.

On donne ci-après un exemple de calcul pour r_{cpx} en se basant sur la figure 5 :

$$y = d_1 + d_2 + d_3 - d_4$$

$$d_1 = \sqrt{r_3^2 - 5.2252} - \sqrt{r_3^2 - 6.0752} = 0.5586$$

$$d_2 = \sqrt{r_2^2 - 42} - \sqrt{r_2^2 - 5.2252}$$

$$d_3 = 0.07 / \cos \left(\sin^{-1} \frac{4}{r_2} \right) \quad \text{pour } t \geq 0.04 \text{ mm} \quad (10)$$

$$d_3 = 0.07 / \cos \left(\sin^{-1} \frac{4}{r_2} \right) + 0.04 - t \quad \text{pour } t < 0.04 \text{ mm} : (11)$$

t est l'épaisseur de lentille calculée d'après l'équation (8)

$$d_4 = 0.06 / \cos \left(\sin^{-1} \frac{6.075}{10.3} \right) = 0.0743$$

$$y = 0.5566 + \left(\sqrt{r_2^2 - 42} - \sqrt{r_2^2 - 5.2252} \right) + d_3 - 0.0743 \quad (12)$$

Pour $r_2 = 6,94$ mm , $r_2' = 6,44$ mm et $P_w = -3$, qui sont les valeurs utilisées dans l'exemple ci-dessus, l'épaisseur t de 0,085 mm est supérieure à la valeur minimale pratique de 0,04 mm. Par conséquent.

$$y = 0.484 + \left(\sqrt{r_2^2 - 42} - \sqrt{r_2^2 - 5.2252} \right) + d_3 \quad (13)$$

$$= 0.484 + 1.1037 + 0.0857 = 1.6734$$

$$y_1 = 4 \times 2.075 \div y - y = 3.2866 \quad (14)$$

$$y_2 = 6.075 \times 2.075 \div y = 7.5329 \quad (15)$$

$$(y_1 + y_2) \div 2 = 5.4098 \quad (16)$$

$$r_{exp} = \sqrt{\left(\frac{y_1 + y_2}{2} \right)^2 + 6.0752} \quad (17)$$

$$r_{exp} = \sqrt{5.4098^2 + 6.0752} = 8.13 \text{ mm}$$

Si t est supérieur à 0,04 mm , r_{exp} est toujours égal à 8,13 mm.

1 Si la valeur de t calculée est égale à $-0,01$ mm
par exemple :

$$d_3 = 0.0857 + 0.04 - (-0.01) = 0.1357$$

5 qui sera le JTK réel pour obtenir l'épaisseur au centre
de $0,04$ mm.

Dans ce cas, on obtient :

$$10 \quad y = 0.484 + 1.1037 + 0.1357 = 1.7234$$

$$y_1 = 4 \times 2.075 \div 1.7234 - 1.7234 = 3.0927$$

$$y_2 = 6.075 \times 2.075 \div 1.7234 = 7.3144$$

$$(y_1 + y_2) \div 2 = 5.2035$$

15

$$r_{cp} = \sqrt{5.2035^2 + 6.075^2} = 8.00 \text{ mm}$$

20 Les équations (3), (6), (8), (2), (9), (10), (11),
(13), (14), (15), (16), et (17) peuvent être résolues
à la main ou introduites dans le programme d'un calcula-
teur ou d'un ordinateur programmable, afin de calculer:

25 $t, r_1, 0_1$ et r_{cxp} pour une combinaison donnée de
 r_2, r_2' et P_w .

L'exemple ci-dessus constitue un exposé détaillé
des méthodes de tracé et de fabrication pour les lentil-
les de contact douces à foyers multiples simultanés,
en utilisant la méthode par écrasement, découpage et
30 polissage. Dès qu'une lentille a été fabriquée de cet-
te manière, cette lentille peut être multipliée facile-
ment par coulée ou par moulage. Un autre procédé en
variante peut consister à reproduire les ébauches asphé-
riques par coulée ou par moulage et à découper la par-
35 tie antérieure conformément à l'ordonnance du patient.



1 Pour fabriquer un moule ou une matrice, on peut utiliser un métal approprié plutôt qu'un matériau plastique pour lentilles, afin d'obtenir la pente positive conforme à la présente invention.

5 La même technique peut s'appliquer à une lentille de contact dure. Toutefois, l'effet de longueur focale variable est fortement réduit dans une lentille de contact dure, à cause de la couche de larmes formée par la partie centrale de la cornée et la surface postérieure asphérique a pour effet de diminuer le gradient de puissance optique. La cornée est asphérique mais tend à être sphérique au centre et s'aplatit fortement vers les bords. Ceci est le contraire de la surface asphérique de la lentille créée par la méthode par écrasement. Les lentilles douces, toutefois, s'adaptent à la surface de la cornée si bien que la couche de larmes est négligeable. Ceci implique que, lorsqu'on porte des lentilles douces, la surface postérieure des lentilles devient sphérique (si la cornée est sphérique) tandis que la surface antérieure devient asphérique et maintient le même effet de longueur focale variable pour lequel la lentille a été conçue.

La figure 6 représente une bande ombrée circulaire au milieu de la lentille, qui peut être la bande utilisée pour la vision à distance. Cette bande a une puissance d'environ -3 dioptries. La bande ombrée extérieure peut être celle utilisée pour la vision rapprochée et a une puissance de -0,5 dioptrie.

La figure 7 représente la même lentille que la figure 6, mais présentant une bande elliptique dans la zone optique de la lentille, qui peut être utilisée pour corriger l'astigmatisme dans le cas de la vision à distance. L'exemple représenté à la figure 7 correspond à un oeil ayant - 2,5 dioptries dans le méridien vertical et -3,5 dioptries dans le méridien horizontal.

- 1 Tant que la lentille est analytique (variation continue progressive) et que la région du gradient de puissance est inférieure au diamètre de 6 mm de l'ouverture de la pupille, la lentille possède la caractéristique
- 5 d'effet de vision simultanée à foyer multiple avec possibilité de correction de l'astigmatisme. Dans les cas d'astigmatisme plus marqué (supérieur aux possibilités de correction par la variation de la puissance de la lentille), la surface antérieure peut être rendue
- 10 torique par des méthodes classiques utilisées pour corriger l'astigmatisme de n'importe quelle lentille de contact à simple vision. Dans le cas d'une lentille torique à foyer multiple, les contours d'équipuissance ne seront pas des cercles concentriques comme indiqué à la figure 1, mais seront des ellipses concentriques.
- 15

Par conséquent, le fait de prévoir une lentille de contact douce dont les caractéristiques asphériques sont concentrées dans la partie centrale de la lentille et dans une zone généralement plus petite que l'ouverture normale de la pupille, permet d'obtenir une

20 lentille ayant des caractéristiques de foyer multiple simultané. Si l'on assure la puissance souhaitée pour la vision à distance dans la région centrale et si la puissance augmente dans une zone asphérique ayant une

25 puissance optique graduellement variable et plus petite que l'ouverture normale de la pupille, une partie de la lentille proche de la partie centrale formera sur la rétine une image nette d'un objet distant, tandis qu'une autre partie de la lentille, dans la partie

30 périphérique, formera une image nette d'un objet proche. Même si la partie centrale de la lentille forme une image troublée de l'objet rapproché, tant qu'il existe simultanément sur la rétine une image nette de l'objet, le cerveau humain choisit sélectivement l'image nette de l'objet examiné. Par conséquent, une len-

35

1 tille convenant pour la vision à distance, la vision
intermédiaire et la vision rapprochée est facile à ob-
tenir, conformément à la présente invention. Des ban-
des elliptiques à l'intérieur de la zone d'ouverture
5 de la pupille permettent d'obtenir une image nette
avec un oeil atteint d'astigmatisme. Les lentilles de
contact à foyer multiple, continuellement variable,
peuvent être fabriquées par déformation de l'ébauche
de lentille d'une manière prédéterminée et par forma-
10 tion de surfaces sphériques sur l'ébauche déformée,
de façon à obtenir une zone asphérique plus petite que
l'ouverture normale de la pupille.

Il est donc évident que les objectifs définis ci-
dessus et, parmi eux, ceux qui résultent de la descrip-
15 tion précédente, peuvent être efficacement atteints
et, vu que certaines modifications peuvent être appor-
tées au procédé décrit ci-dessus et à l'objet ainsi
présenté sans se départir de l'esprit et de l'objet
de la présente invention, il est entendu que tous les
20 éléments contenus dans la description ci-dessus et re-
présentés dans le dessin qui l'accompagne doivent être
interprétés comme étant donnés à titre d'exemple et
sans signification limitative.

Il est également entendu que les revendications
25 suivantes ont pour but de couvrir toutes les caracté-
ristiques spécifiques et générales de l'invention dé-
crite ici, ainsi que toutes les descriptions de l'objet
de la présente invention susceptibles d'y être ajou-
tées, comme manière de s'exprimer.



1

REVENDEICATIONS

1. Une lentille de contact douce à foyers multiple.
continuellement variables, permettant de créer simulta-
5 nément sur la rétine d'un utilisateur des images nettes
d'objets lointains, d'objets intermédiaires et d'objets
rapprochés et comprenant :

un corps de lentille ayant une surface concave
et une surface convexe, ladite lentille ayant une zone
10 optique centrale avec un gradient de puissance optique
continuellement variable dans la zone optique, avec la
puissance désirée pour la vision à distance dans la
région centrale de la zone optique et augmentant conti-
nuellement jusqu'à la puissance désirée pour la vision
15 rapprochée dans une région dont la dimension est infé-
rieure à l'ouverture maximale de la pupille de l'uti-
lisateur dans l'obscurité.

2. La lentille de contact, selon la revendication
20 1, caractérisée en ce que le gradient de puissance
optique à variation continue augmente de 3 à 5 diop-
tries.

3. La lentille de contact, selon la revendication
25 1, caractérisée en ce que le diamètre de la région avec
un gradient de puissance optique variant de manière
continue est inférieur à 5,4 à 6,7 mm.

4. La lentille de contact, selon la revendication
30 1, caractérisée en ce que la surface concave de la
lentille est sphérique.

5. La lentille de contact, selon la revendication
4, caractérisée en ce que la surface restante de la
35 zone optique est asphérique, sphérique ou torique.



1 6. La lentille de contact, selon la revendication
4, caractérisée en ce que la surface restante de la
zone optique est sphérique.

5 7. La lentille de contact, selon la revendication
6, caractérisée en ce que le diamètre de la zone de
gradient de puissance optique variant d'une manière
continue, est compris entre environ 5,4 et 6,7 mm.

10 8. La lentille de contact, selon la revendication
7, caractérisée en ce que la surface concave à l'exté-
rieur de la zone de gradient de puissance optique va-
riant d'une manière continue est essentiellement sphé-
rique.

15

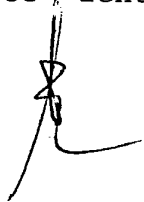
9. La lentille de contact, selon la revendication
7, caractérisée en ce que la puissance de la lentille
au centre est donnée par la formule

$$20 \quad P_w = \frac{1}{\frac{r_1 \times \text{Exp}}{n-1} - \frac{t \times \text{Exp}}{n}} - \frac{n-1}{r_2' \times \text{Exp}}$$

dans laquelle le rayon de courbure asphérique au cen-
tre est désigné par r_2' , t est l'épaisseur de la len-
25 tille au centre, le rayon de la surface antérieure de
la zone optique est r_1 , Exp est le facteur d'expansion
pour le matériau de la lentille et n est l'indice de
réfraction de la lentille quand elle est portée, tou-
tes les autres dimensions correspondant à l'état avant
30 l'expansion.

10. La lentille de contact, selon la revendication
9, caractérisée en ce que l'épaisseur de la lentille
au centre n'est pas inférieure à environ 0,04 mm.



- 1 11. La lentille de contact, selon la revendication
9, caractérisée en ce que l'épaisseur minimale de la
jonction entre la zone optique et la surface concave
sphérique est d'environ 0,07 mm.
- 5 12. La lentille de contact, selon la revendication
9, caractérisée en ce que le diamètre de la zone opti-
que est d'environ 8 mm.
- 10 13. La lentille de contact, selon la revendication
9, caractérisée en ce que le diamètre de la lentille
est d'environ 12,15 mm.
14. La lentille de contact, selon la revendication
15 1, caractérisée en ce que la lentille est constituée
d'un polymère HEMA.
15. La lentille de contact, selon la revendication
1, caractérisée en ce que la gradient de puissance op-
20 tique variant de manière continue présente une symétrie
de rotation complète.
16. La lentille de contact, selon la revendication
1, caractérisée en ce que le gradient de puissance op-
25 tique variant d'une manière continue est conçu pour
assurer au moins une bande non circulaire à l'intérieur
de l'ouverture de la pupille, de façon à corriger l'a-
stigmatisme.
- 30 17. La lentille de contact, selon la revendication
1, obtenue par l'écrasement d'une ébauche de lentille
par le contact d'une première surface avec un disposi-
tif à bille ayant une surface sphérique de rayon R, de
façon à déformer la surface opposée de l'ébauche de
35 lentille, en découpant et en polissant la surface oppo-
- 

1 sée pour obtenir une forme sphérique concave désirée,
 en contrôlant l'écrasement par le degré de
 déformation de l'ébauche de lentille et par le rayon
 R du dispositif à bille, de façon à ce que, au moment
 5 du dégagement de l'ébauche de lentille, on obtienne
 une surface concave asphérique ayant une dimension in-
 férieure à l'ouverture maximale de la pupille d'un uti-
 lisateur et en finissant la première surface de façon
 à obtenir la surface convexe de la lentille afin d'ob-
 10 tenir, après humidification et expansion, une lentille
 de contact ayant un gradient de puissance optique va-
 riant d'une manière continue, avec la puissance dési-
 rée pour la vision à distance dans la région centrale
 de la lentille et augmentant jusqu'à la puissance dé-
 15 sirée pour la vision rapprochée dans une zone plus pe-
 tite que l'ouverture maximale de la pupille.

18. La lentille de contact, selon la revendication
 1, obtenue par moulage.

20

19. La lentille de contact, selon la revendication
 1, obtenue par coulée.

20. Procédé de fabrication d'une lentille de con-
 25 tact douce à foyer multiple et continuellement varia-
 ble à partir d'une ébauche de lentille ayant deux sur-
 faces opposées, comprenant :

l'écrasement de l'ébauche de lentille en mettant
 une première surface au contact d'un dispositif à bille
 30 ayant une surface sphérique de rayon R, de façon à dé-
 former la surface opposée de l'ébauche de la lentille;
 le découpage et le polissage de la surface oppo-
 sée, de façon à obtenir une forme sphérique concave
 souhaitée ;

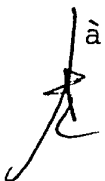
35 en contrôlant l'écrasement par le degré de défor-

- 1 mation de l'ébauche de lentille et par le rayon R du
dispositif à bille de façon à ce que, au moment du
dégagement de l'ébauche de lentille, on obtienne une
surface concave asphérique ayant une dimension inféri-
5 eure à l'ouverture maximale de la pupille d'un utili-
sateur dans l'obscurité, après que l'expansion de la
lentille parachevée ait été achevée, et
la finition de la première surface, de façon à
obtenir une surface convexe de la lentille, pour obte-
10 nir une lentille de contact qui, après humidification
et expansion, présente un gradient de puissance optique
continuellement variable, avec la puissance désirée
pour la vision à distance dans la région centrale de
la lentille et qui augmente jusqu'à la puissance dési-
15 rée pour la vision rapprochée dans une zone plus peti-
te que l'ouverture maximale de la pupille de l'utilisa-
teur dans le noir, caractérisée en ce que la lentille
permet de créer simultanément sur la rétine d'un uti-
lisateur des images nettes d'objets éloignés, d'objets
20 intermédiaires et d'objets rapprochés.

21. Le procédé selon la revendication 20, compre-
nant l'étape d'un premier prédécoupage d'un profil
concave dans la surface opposée de l'ébauche de len-
25 tille avant de l'écraser, afin d'éviter la fissuration
de l'ébauche de lentille.

22. Le procédé selon la revendication 20, carac-
térisé en ce que la première surface est finie de façon
30 à obtenir une surface convexe asphérique.

23. Le procédé selon la revendication 20, carac-
térisé en ce que la première surface est finie de façon
à obtenir une surface torique.



- 1 24. Le procédé selon la revendication 20, comprenant l'étape de contrôler l'écrasement de l'ébauche, de façon à obtenir une lentille telle que la puissance de la lentille au centre soit conforme à la formule:

5

$$P_w = \frac{1}{\frac{r_1 \times \text{Exp}}{n-1} - \frac{t \times \text{Exp}}{n}} - \frac{n-1}{r_2' \times \text{Exp}}$$

- 10 où le rayon de courbure asphérique au centre est désigné par r_2' , où t est l'épaisseur de la lentille au centre, où le rayon de la surface antérieure de la zone optique est r_1 , où Exp est le facteur d'expansion du matériau de la lentille et où n est l'indice de réfraction de la lentille à l'état humide, toutes les autres dimensions correspondant à l'état sec avant expansion.

- 25 25. Le procédé selon la revendication 20, comprenant l'étape ultérieure de création d'un moule à partir de la lentille de contact écrasée et découpée et de couler des lentilles supplémentaires dans ce moule.

- 25 26. Un procédé de fabrication d'une ébauche de lentille ayant deux surfaces pour obtenir une lentille de contact douce ayant un gradient de puissance optique variant de manière continue dans une région plus petite que l'ouverture maximale de la pupille d'un utilisateur dans le noir, lorsque la lentille est finie et prête à l'emploi et comprenant :

- 30 l'écrasement d'une ébauche de lentille en mettant une première surface au contact d'un dispositif à bille ayant une surface sphérique de rayon R , de façon à déformer la surface opposée de l'ébauche de lentille ;
- 35 le découpage et le polissage de la surface oppo-

1 sée, de façon à obtenir une forme concave désirée; et
 le contrôle de l'écrasement par le degré de défor-
 mation de l'ébauche de lentille et par le rayon R du
 dispositif à bille, de façon à ce que, au moment du
 5 dégagement de l'ébauche de lentille, on obtienne une
 surface concave asphérique ayant une dimension inféri-
 eure à l'ouverture maximale de la pupille d'un utili-
 sateur dans l'obscurité, après parachèvement de la len-
 tille de contact douce.

10

27. Le procédé selon la revendication 26, caracté-
 risé en ce que la surface opposée est parachevée de
 façon à obtenir une forme sphérique.

15

28. Procédé de fabrication d'un moule pour l'ob-
 tention d'une lentille de contact douce ayant un gra-
 dient de puissance optique variant d'une manière conti-
 nue dans une région plus petite que l'ouverture maxi-
 male de la pupille d'un utilisateur dans l'obscurité,
 20 lorsque la lentille est terminée, expansée et prête
 à l'emploi, comprenant :

l'écrasement d'une ébauche métallique ayant deux
 surfaces planes opposées, en mettant une première sur-
 face au contact d'un dispositif à bille, ayant une sur-
 25 face sphérique de rayon R, de façon à déformer la sur-
 face opposée de l'ébauche métallique ;

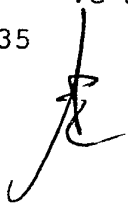
le découpage et le polissage de la surface oppo-
 sée de l'ébauche métallique , de façon à obtenir une
 forme concave désirée ;

30

le contrôle de l'écrasement par le degré de dé-
 formation de l'ébauche et par le rayon R du dispositif
 à bille, de façon à ce que, au moment du dégagement
 de l'ébauche métallique, on obtienne une surface conca-
 ve asphérique; et

35

la formation d'un moule à partir du modèle métal-



1 lique positif, la coulée d'un matériau pour lentille
de contact douce dans le moule permettant d'obtenir
une ébauche de lentille ayant une surface concave
asphérique dans une région plus petite que l'ouverture
5 maximale de la pupille d'un utilisateur dans l'obscuri-
té, après parachèvement de la lentille de contact douce
à partir de l'ébauche de lentille;

dans lequel une lentille parachevée à partir de
l'ébauche convient pour créer simultanément sur la
10 rétine d'un utilisateur des images nettes d'objets éloi-
gnés, d'objets intermédiaires et d'objets rapprochés.

29. Le procédé selon la revendication 28, compre-
nant l'étape de parachever la première surface de façon
15 à obtenir une surface convexe avant de fabriquer le
moule, de façon à ce que la coulée d'un matériau de
lentille de contact douce dans le moule permette d'ob-
tenir un gradient de puissance optique variant d'une
manière continue avec la puissance désirée pour la vi-
20 sion à distance dans la région centrale de la lentille
et qui augmente jusqu'à la puissance désirée pour la
vision rapprochée dans une zone plus petite que l'ou-
verture maximale de la pupille d'un utilisateur.

25 30. Une lentille de contact douce à foyer multi-
ple variant d'une manière continue, permettant de cré-
er simultanément sur la rétine d'un utilisateur des
images nettes d'objets éloignés, d'objets intermédiaires
et d'objets rapprochés, et comprenant :

30 un corps de lentille ayant une surface concave
et une surface convexe, ladite lentille ayant une zone
optique centrale avec un gradient de puissance optique
variant d'une manière continue dans la zone optique ,
avec la puissance désirée pour la vision à distance
35 dans la région centrale de la zone optique et augmen-



- 1 tant continuellement jusqu'à la puissance désirée pour
la vision rapprochée dans une région dont le diamètre
est inférieur d'environ 6 mm , la surface concave étant
asphérique avec la zone optique et la surface convexe
5 dans la zone optique étant asphérique, sphérique ou
torique.

31. La lentille de contact, selon la revendication
30, caractérisée en ce que la surface convexe dans la
10 zone optique est sphérique.

32. La lentille de contact, selon la revendication
30, caractérisée en ce que le corps de lentille est
constitué d'un polymère HEMA.

15

33. Une lentille de contact douce à foyer multi-
ple variant d'une manière continue, permettant de cré-
er simultanément sur la rétine d'un utilisateur des
images nettes d'objets éloignés, d'objets intermédiaires
20 et d'objets rapprochés, et comprenant :

un corps de lentille ayant une surface concave
et une surface convexe, ladite lentille présentant une
zone optique centrale avec un gradient de puissance
optique variant d'une manière continue dans la zone
25 optique avec la puissance désirée pour la vision à dis-
tance dans la région centrale de la zone optique et
augmentant d'une manière continue jusqu'à la puissance
désirée pour la vision rapprochée dans une région
dont la dimension est inférieure à l'ouverture maxima-
le de la pupille d'un utilisateur dans l'obscurité et
30 où la puissance de la lentille au centre de la zone
optique est donnée par la formule

$$P_w = \frac{1}{r_1 \times \exp \frac{t \times \exp}{n-1}} - \frac{n-1}{R_2' \times \exp \frac{t \times \exp}{n}}$$

35

où le rayon de courbure asphérique au centre est désigné par r_2' , où t est l'épaisseur de la lentille au centre, où le rayon de la surface antérieure de la zone optique est r_1 , où Exp est le facteur d'expansion du matériau de lentille et où n est l'indice de réfraction de la lentille à l'état doux, toutes les autres dimensions étant données à l'état sec.

34. La lentille de contact, selon la revendication 33, caractérisée en ce que l'épaisseur de la lentille au centre n'est pas inférieure à environ 0,04 mm.

35. La lentille de contact, selon la revendication 33, caractérisée en ce que l'épaisseur minimale à la jonction entre la zone optique et la surface concave sphérique est d'environ 0,07 mm.

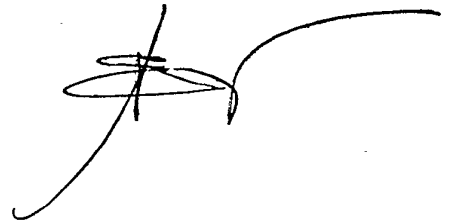
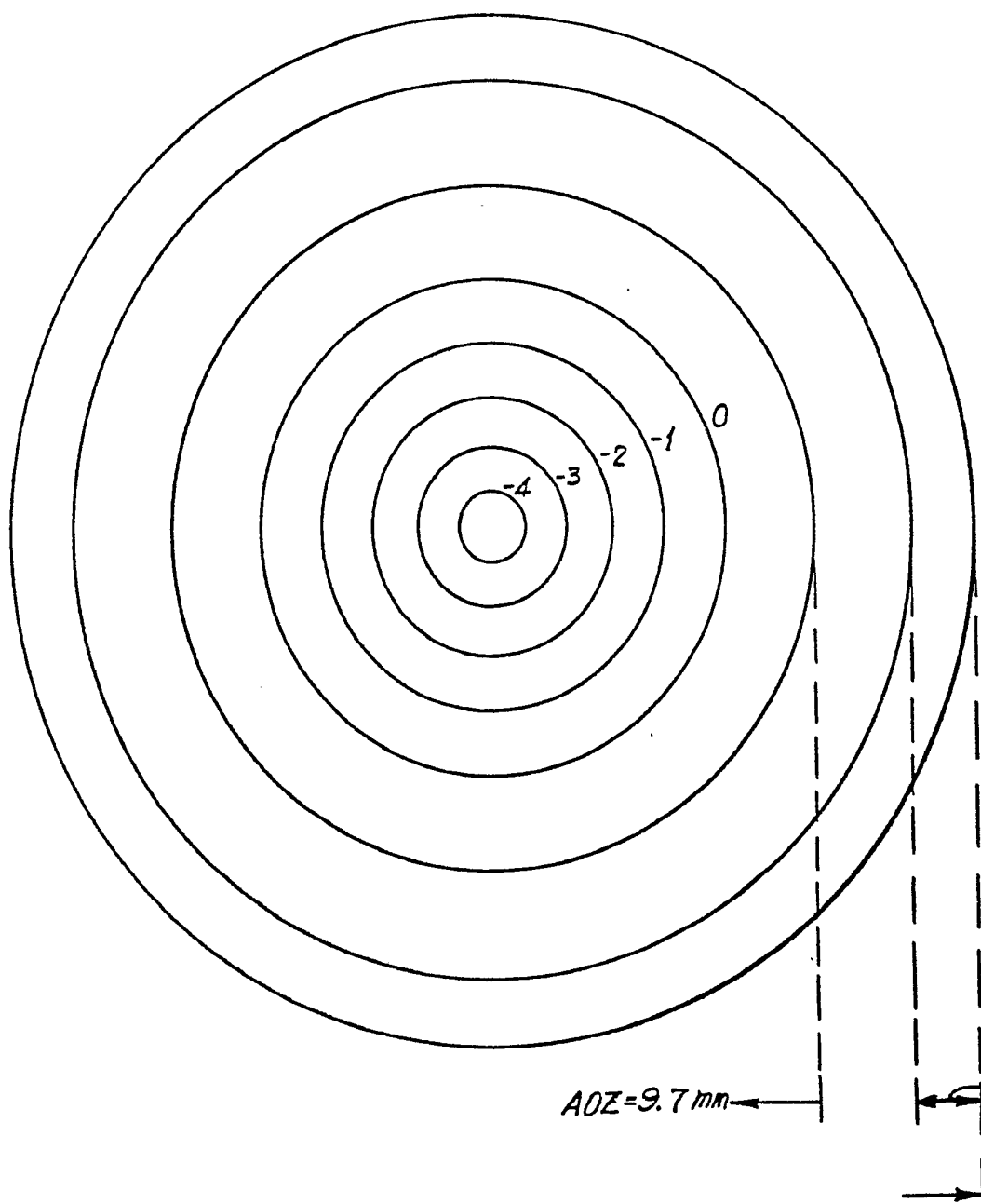
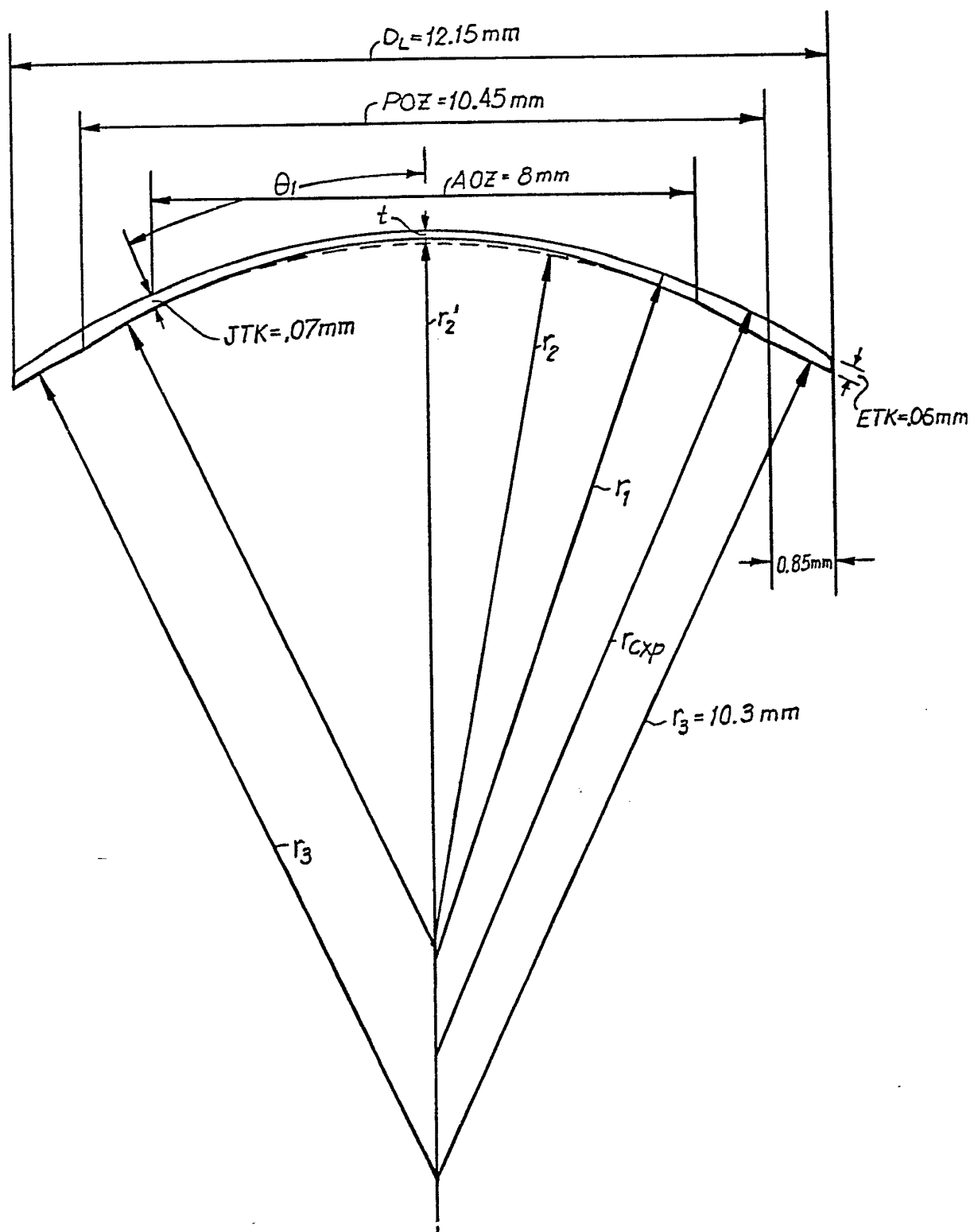


FIG. 1



[Handwritten signature]

FIG. 2



[Handwritten signature]

FIG. 3

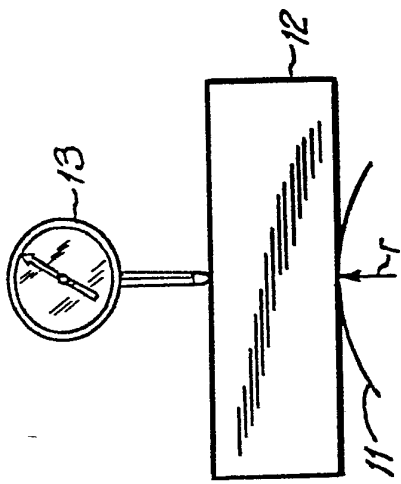


FIG. 3a

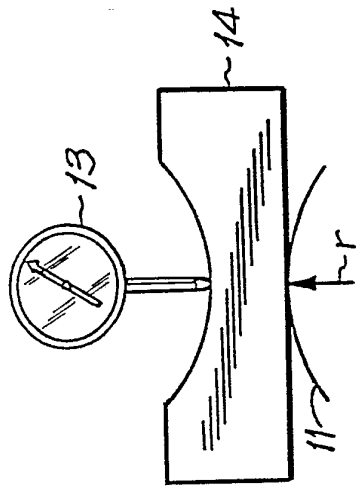
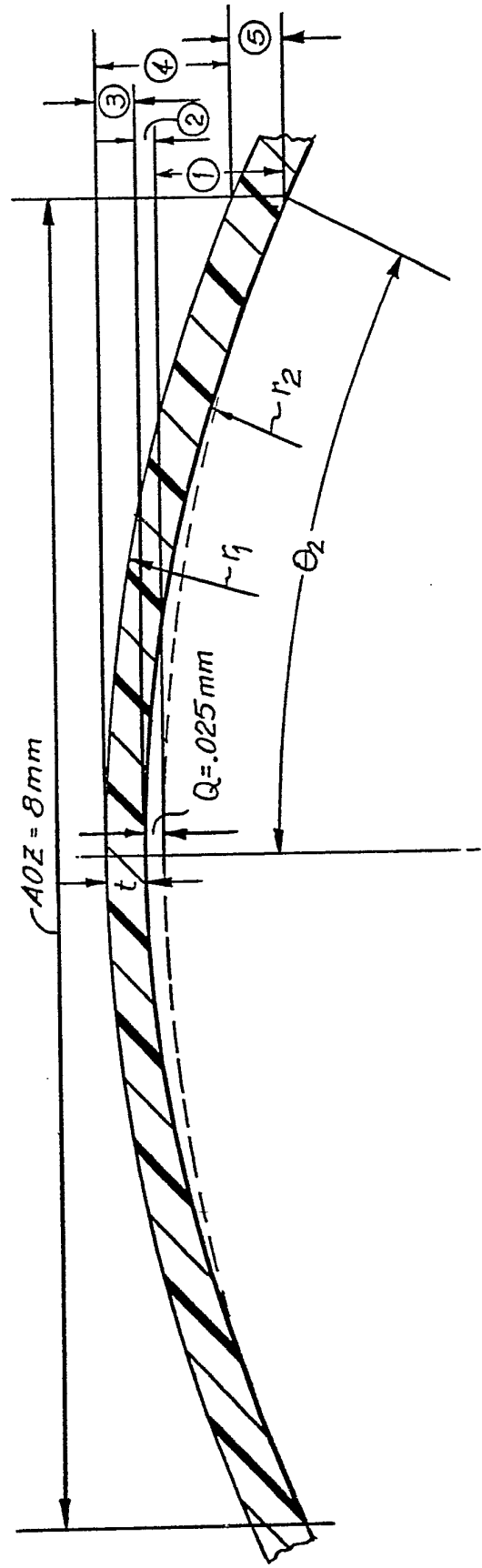


FIG. 4



[Handwritten signature]

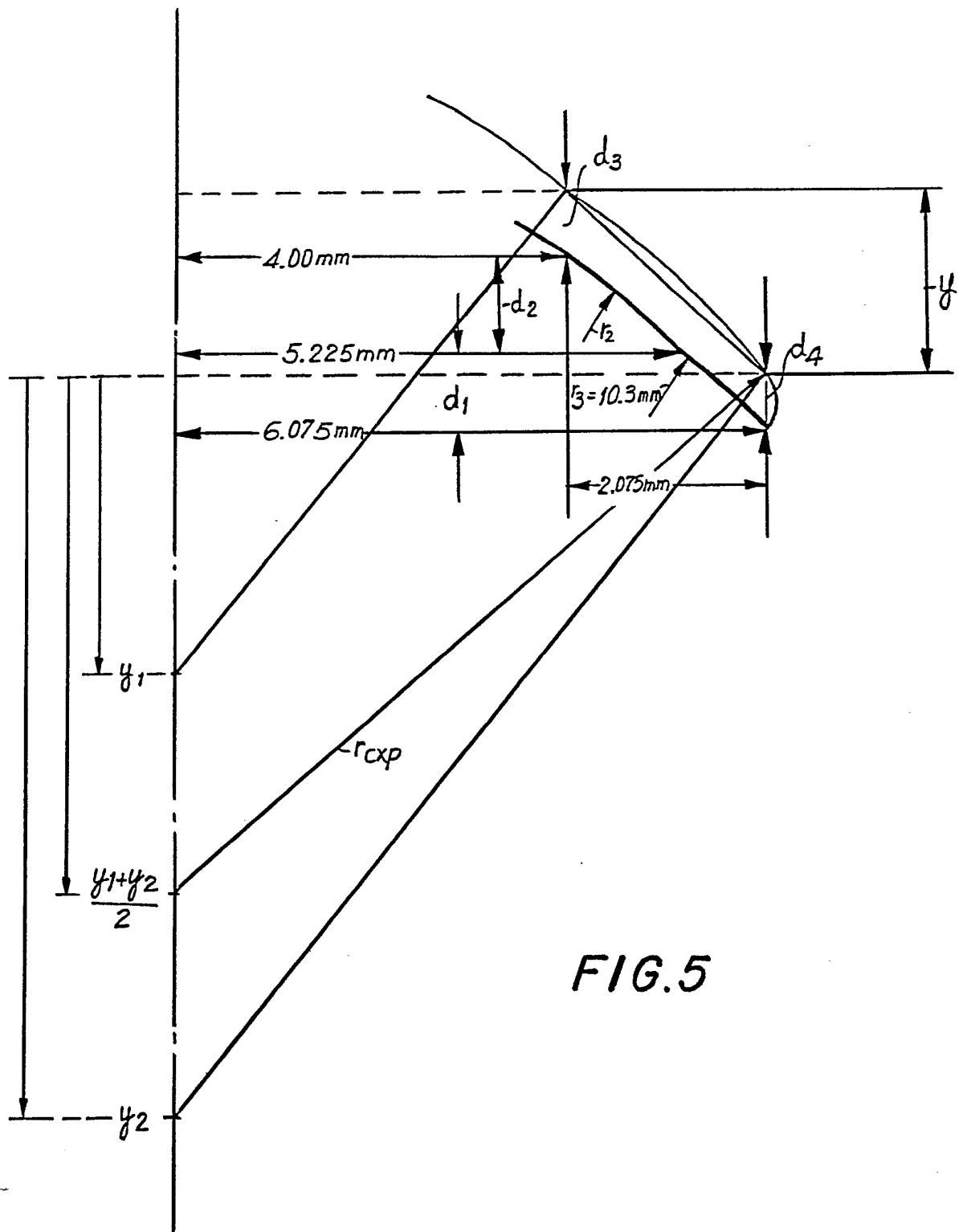
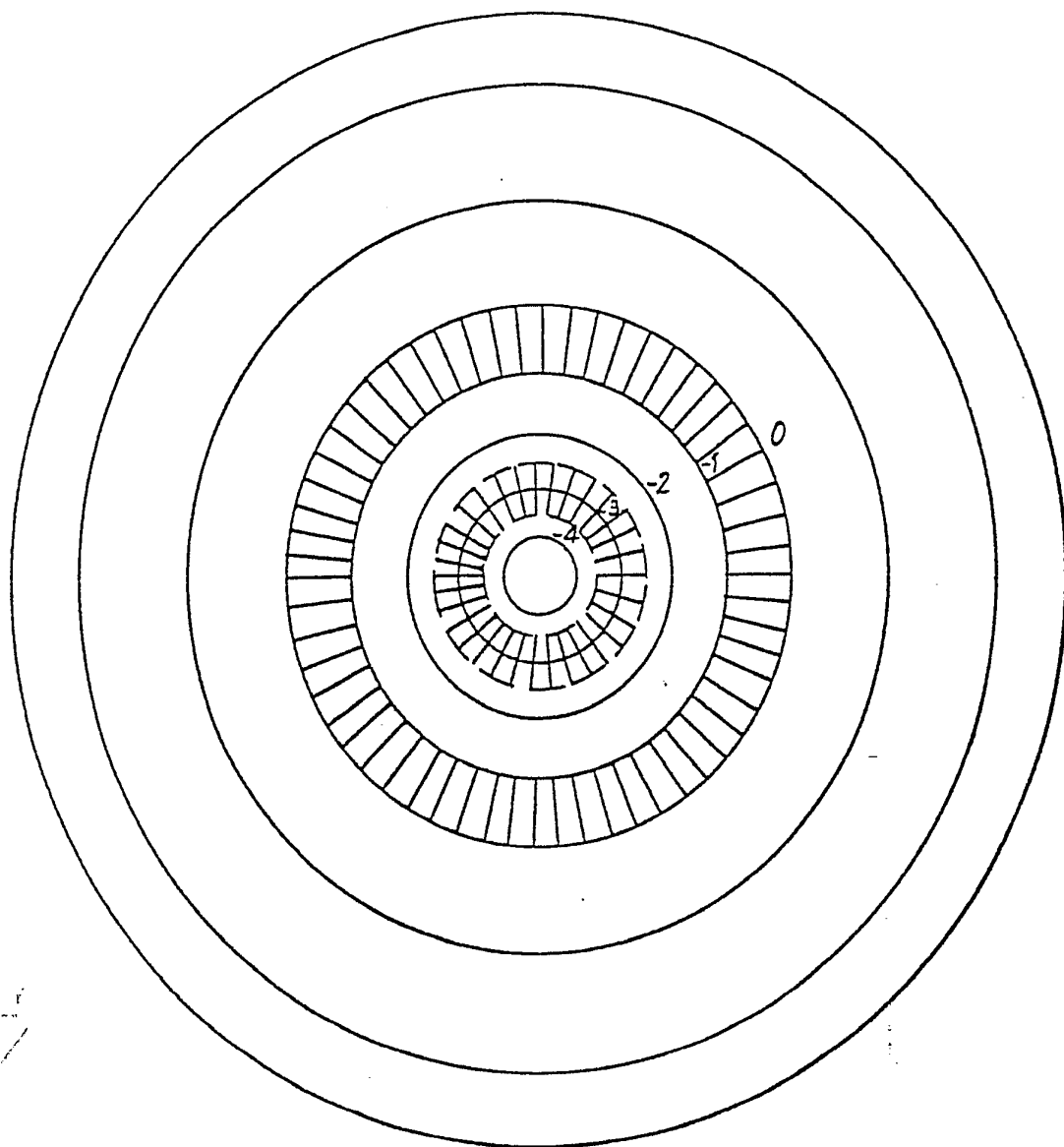


FIG.5

FIG. 6



[Handwritten signature]

FIG. 7

